

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-156238

(43) 公開日 平成7年(1995)6月20日

(51) Int.Cl.⁶

B 2 9 C 45/76

G 0 5 B 13/02

識別記号

庁内整理番号

7365-4F

N 7531-3H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平5-303611

(22) 出願日

平成5年(1993)12月3日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 黒田 英夫

愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地

三菱重工業株式会社名古屋研究所内

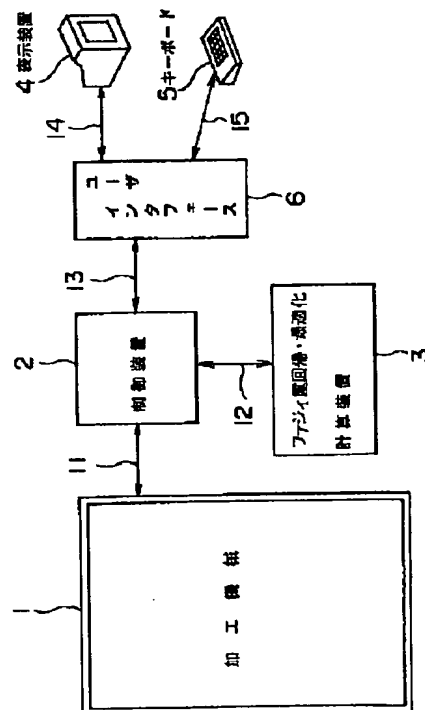
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 加工機械の設定条件最適化方法

(57) 【要約】

【目的】 目視によるランク分け評価のあいまいさを考慮した実態に合った加工機械の設定条件最適化を実施できるようにする。

【構成】 計算条件及び設定条件をキーボード5から入力し、制御装置2を介してファジィ重回帰・最適化計算装置3へ送る。また、上記設定条件に対応して加工機械1を駆動させ加工を行なう。そして、上記設定条件における加工品の品質を人間が目視評価を行ない、このデータ数がある条件を満たしていない場合は再び上記キーボード5より設定条件を入力して目視評価を行ない、データ数が条件を満たした場合、上記ファジィ重回帰・最適化計算装置3にてファジィ重回帰を行ない、ファジィ重回帰のMIN問題の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式それぞれを使用してそれぞれの最適運転条件を算出し、制御装置2を介して表示装置4にて表示する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工機械の加工品質と加工機械運転の設定条件因子との関係について加工試験を行ない、その加工試験データを用いて加工品質を特性値とし、設定条件因子を説明変数とする重回帰を行ない、同重回帰式を利用して最適な設定条件を算出する方法において、ファジィ評価値使用の加工品質についてファジィ重回帰を行ない、同ファジィ重回帰のMIN問題の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式それぞれを使用してそれぞれの最適運転条件を算出するようにしたことを特徴とする加工機械設定条件最適化方法。

【請求項2】 ファジィ評価値使用の加工品質についてファジィ重回帰を行ない、同ファジィ重回帰のMIN問題の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式、それぞれを使用してそれぞれの最適運転条件を算出する際、それら3つの重回帰式、それぞれについて加工品質の許容範囲を設定して計算するようにした請求項1記載の加工機械の設定条件最適化方法。

【請求項3】 加工機械の設定条件因子の変化水準を設定する第1の工程と、上記設定条件因子の変化水準に応じて上記加工機械の条件設定を行なう第2の工程と、上記加工機械を設定した条件に対応して駆動して加工を行なう第3の工程と、この第3の工程で加工された加工品の品質を目視によりランク分け評価する第4の工程と、この第4の工程でランク分けされた加工品質評価値のデータ数がファジィ重回帰分析を行なうのに十分かの可否を判定し、否状態で上記第2の工程にデータ数不足信号を出力して所定のデータ数を集める第5の工程と、この第5の工程の可状態で上記加工品質評価値ランクを特性値、上記設定条件因子を説明変数として上記ファジィ重回帰分析を行ない、ファジィ重回帰のMIN問題の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式それぞれを使用してそれぞれの最適運転条件を算出する第6の工程と、この第6の工程により算出された最適運転条件を表示する第7の工程とを具備したことを特徴とする加工機械の設定条件最適化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、プラスチック射出成形機などの加工機械に適用される加工機械の設定条件最適化方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、プラスチック成形機などの加工機械は機械運転の設定条件と加工品質とが密接な関係を有しており、良好な加工品質を得るのに機械運転の設定条件が大きな影響を及ぼすことが知られている。このような加工品質を最適化する方法として本出願人は、先に特願昭60-90424号（特開昭61-248723号）及び特願平4-96613号を出願した。上記特願昭60-90424号における加工機械の設定条件最適

化方法は、図5のフローチャートに示すように、加工品質を評価し、加工機械運転の設定条件因子との間で、ファジィでない通常の重回帰を行ない、その重回帰式から最適条件を算出している。

【0003】更に特願平4-96613号における発明は、上記の最適化方法を複数の加工品質の総合最適化にまで拡張したものである。従って、これらの出願ではいずれもファジィでない通常の重回帰を行なっており、重回帰のための加工品質が数値として実測されることが前提となっている。しかるに、大抵の加工品質は、容易に実測することが困難で、目視でランク評価されることが多い。この目視評価のランク値は、絶対的なものでなく、再度評価すると元のランクから上下にずれることがしばしばであり、あいまいさを持っている。従って、目視評価のランク値を通常の数値として重回帰すると、そのあいまいさを無視したことになり、実際と異なる結果になってしまう。

【0004】また、本出願人は特願平3-123949号を出願して、ファジィ重回帰のMAX問題の上限解・下限解の平均を示す重回帰式を使用した最適化方法を開示した。しかるに、上記出願の最適化方法を加工機械に実用した場合、ファジィ重回帰のMAX問題の解が存在しなかったり、上限解・下限解の平均ではファジィ評価値のあいまいさを表現できないなどの不具合を生じることがあった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、従来の技術では、加工品質が目視でランク分け評価される場合に、ランク評価のあいまいさを無視した重回帰を行ったり、あるいは適切なファジィ重回帰手法が未知であったため、重回帰を利用して加工機械運転の設定条件を最適化しようとしても、実態と合わない結果になるという問題があった。

【0006】本発明は上記の問題点を解決して、加工品質が目視でランク分け評価される場合にも、的確に加工品質と設定条件の関係を把握し、実態に合った加工機械の設定条件最適化方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、加工機械の加工品質と加工機械運転の設定条件因子との関係について加工試験を行ない、その加工試験データを用いて加工品質を特性値とし、設定条件因子を説明変数とする重回帰を行ない、同重回帰式を利用して最適な設定条件を算出する方法において、ファジィ評価値使用の加工品質についてファジィ重回帰を行ない、同ファジィ重回帰のMIN問題の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式、それぞれを使用してそれぞれの最適運転条件を算出するようにして、この問題解決の手段とするものである。

【0008】さらに、上記のファジィ重回帰のMIN問題の上限、下限、平均の3つの重回帰式によりそれぞれ

の最適運転条件を算出する際、それら3つの重回帰式、それぞれについて加工品質の許容範囲を設定して計算するようにして、実際の加工における要求品質に合う最適運転条件とするものである。

【0009】

【作用】目視などによりファジィ評価された加工品質についてファジィ重回帰を行なうので、ファジィ値としてのあいまいさを考慮した重回帰がなされる。さらにファジィ重回帰のMIN問題を解くので、必ずその解が存在する。同MIN問題の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式、それぞれを使用してそれぞれの最適運転条件を算出するので、それら3種類の最適運転条件を試すことによりファジィ値のあいまいさをカバーした実用的な運転条件を見いだすことができる。

【0010】また、上記の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式、それぞれについて加工品質許容範囲を設定することにより、実際の加工において、加工品質の上限や下限についての合格範囲（要求品質）に対応した最適運転条件を得ることができる。

【0011】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の一実施例を説明する。図1～図4に本発明の実施例を示す。図1は本実施例のシステム構成を示すもので、1はプラスチック成形機等の加工機械、2は制御装置、3はファジィ重回帰・最適化計算装置、4は表示装置（ブラウン管や液晶画面など）、5はキーボードである。また、6はユーザーインタフェースで、上記制御装置2と表示装置4およびキーボード5とを接続する。更に、符号11～15は、それぞれの要素を結ぶ信号線である。

【0012】制御装置2は、加工機械1に対して運転の設定条件を送ったり、実際の運転状態の情報を受け取ったりする。また、制御装置2は、ユーザーインタフェース6を介して、表示装置4に情報を送り、キーボード5の入力情報を受ける。さらに、制御装置2は、ファジィ重回帰・最適化計算装置3に対して上記の加工機械1の設定条件・運転状態の情報やキーボード5からの入力情報を送り、逆にファジィ重回帰・最適化計算装置3の計算結果を受ける。

【0013】図2は、本発明方法による加工機械運転の設定条件最適化のフローチャートを示す。同図において、工程26では最適化を行なおうとする設定条件因子数 n および n 個の各設定条件因子名とその変化水準の最小値と最大値を図1のキーボード5からマニュアルで入力し、制御装置2を介してファジィ重回帰・最適化計算装置3へ送る。次に工程27では加工時に設定条件の水準をキーボード5または条件設定された制御装置2から計算装置3に送信する。この場合、キーボード5から入力した設定条件を制御装置2に送り、加工機械1の条件を設定することも可能である。

* 【0014】次に工程28では上記設定条件に対応して制御装置2を介して加工機械1を駆動せしめ加工を行なう。そして、工程29では、上記設定条件における加工品の品質を人間が目視評価してたとえば5段階評価のランク3のごとき評価を行なう。

【0015】次に工程30では上記加工品質目視評価値のデータ数が後述するファジィ重回帰分析を行なうのに十分なだけ集まったかどうかの可否を判定し、否状態で上記の工程27に対してデータ数不足信号を出力し、工程27～30を繰り返し行なって不足分のデータを集める。この場合、上記データ数とは1組（ n 個）の設定条件と、その設定条件における加工品質目視評価値ランクを合わせたものを改めて1組としたものの組数を言い、後述のファジィ重回帰を行なうのに（ $n+1$ ）組以上の上記データ数が必要である。なお上記の加工品質は複数であってもよい。

【0016】次の工程31では、加工品質目視評価値 Y を特性値、各設定条件因子 x_1, x_2, \dots, x_n の複合因子を説明変数として、ファジィ重回帰分析を行なう。ここで、加工品質目視評価値ランク Y をファジィ値として扱う。例えばランク3は、（中心3、幅1）のように表示して2～4の値を取り得るものとする。また、各設定条件因子はクリスプ値（ファジィでない通常の値）で、それらの複合因子とは x_1, x_2 などの1次因子だけでなく、それらの因子を組み合わせた因子を含めたものである（詳細については後述する）。ファジィ重回帰の計算においては、加工品質に対して多種類の複合因子の相関を評価し適切な複合因子のみを自動選択する。そして、この工程31では、ファジィ重回帰を行なって後述するMIN問題の解（すなわち上限解と下限解）を求め、それら上限解と下限解の平均解を算出する。

【0017】次に工程32では、上記の上限解、下限解、平均解の3つの重回帰式を用いて、それぞれの重回帰式により予測される加工品質とその設定条件を算出し、表示する。さらに、次の工程33ではこの最適条件について加工を続行するかどうかを選択し、続行する場合は上記の工程27から繰り返す。

【0018】ファジィ重回帰にはMIN問題とMAX問題が2つあり、MIN問題はすべての入力ファジィ値データ Y を包含する最小幅のものを求めるもの、MAX問題は1個1個の入力ファジィ値データ Y すべての内部を通る最大幅のものである。MAX問題は入力ファジィ値データ Y の分布状態によっては解が存在しないことがあるが、MIN問題は必ず解が存在することが知られている。そこで本発明ではMIN問題を採用し、設定条件因子の複合因子を用いる非線型ファジィ重回帰を次のように定式化する。

* 【モデル】 $Y = [\text{下限 } y_s, \text{ 上限 } y_t]$

$$y_s = s_0 + s_1 \cdot z_1 + s_2 \cdot z_2 + \dots + s_k \cdot z_k$$

$$y_t = t_0 + t_1 \cdot z_1 + t_2 \cdot z_2 + \dots + t_k \cdot z_k$$

ただし、Y : 目視評価ランク (ファジィ値)

s_i および t_i : 係数。 ($i = 0, 1, 2, \dots, k$)

z_i : 加工要因 X (x_1, x_2, \dots, x_n) の複合因子で、以下に例示するような多種類の中から、加工品質との相関が高いもののみ選択・使用する。 ($i = 0, 1, 2, \dots, k$)

1) x_i^J ($J = 0.5, 1, 1.5, \dots, 3$)

2) $1/x_i^J$ ($J = 0.5, 1, 1.5, \dots, 3$)

3) $\text{LOG}(x_i)$ 4) $1/\text{LOG}(x_i)$

5) $\text{EXP}(x_i)$ 6) $1/\text{EXP}(x_i)$

7) $x_i \cdot x_j$ 8) x_i / x_j

9) $1/x_i \cdot x_j$ 10) $x_i^2 \cdot x_j$

11) $x_i^2 \cdot x_j$ 12) x_j / x_i^2

13) $1/x_i^2 \cdot x_j$

x_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) : 各加工因子

k : 重回帰式の因子数

n : 加工因子の数

[入力データ] $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$

$Y_j = (\text{中心 } y_{cj}, \text{幅 } y_{wj})$

従って [下限 $y_{cj} - y_{wj}$, 上限 $y_{cj} + y_{wj}$]

ただし、 $j = 1, 2, 3, \dots, m$

m : 入力データの組数

[MIN問題] 制約条件: $y_s(X_j) \leq y_{cj} - y_{wj}$

$y_t(X_j) \geq y_{cj} + y_{wj}$

$j = 1, 2, 3, \dots, m$

【0019】

【数1】

目的関数: $\sum_{j=1}^m \{ (y_{cj} - y_{wj}) - y_s(X_j) \} +$
(最小化)

$$\sum_{j=1}^m \{ y_t(X_j) - (y_{cj} + y_{wj}) \}$$

【解法】線型計画法で解く。

【0020】加工品質目視評価値ランク Y を 2 要因 x_1, x_2 についてファジィ重回帰した結果を図 3 に示す。ただし、平面グラフに表示のため、2 要因の内、 $x_2 = C$ (一定) としている。同図で MIN 問題の上限解、下限解はそれぞれ (1)、(3) であり、両者を平均した解が (2) である。また、上限解 (1)、平均解 (2)、下限解 (3) それぞれにおいて最も加工品質評価ランクが高くなる点、すなわち最適点はそれぞれ P、Q、R であり、その最適点に対応する要因 x_1 の値 x_P, x_Q, x_R がそれぞれの最適条件になる。従って、上限解 (1)、平均解 (2)、下限解 (3) でそれぞれ異なる最適条件が得られることになり、この 3 つの最適条件をそれぞれ試してみてその内で最も良いものを最終的に採用することができる。このように 3 つの最適条件を試す理由は、入力データである加工品質目視評価値ラ

ンク Y がファジィ値であるため、そのあいまいさの幅により算出される最適条件が 1 つだけでないからである。

【0021】次に加工品質評価ランクに許容範囲を設定する場合の例を図 4 に示す。このように最適化計算される加工品質を制約する理由は、その品質の少なくともあるランク以上にしたいなどという対象加工品の要求品質に対応するためである。上述の許容範囲は、ファジィ重回帰の上限解、平均解、下限解のそれぞれについて、許容下限と許容上限の少なくとも 1 つを設定する。図 4 では、2 つの加工品質 Y_1, Y_2 について、上限解、平均解、下限解のいずれか 1 種類を想定したグラフを示している。同図で、加工品質 Y_1 について重回帰曲線 (4) で許容下限 (6) 以上の部分に最適点が限定され、同様に加工品質 Y_2 については重回帰回路 (5) で許容下限 (7) 以上の部分に最適点が限定される。従って、両者の許容範囲を満足するには、同図で X_F から X_E までの部分に限定され、この部分で最適点を算出する。本例のように評価する加工品質が複数の場合は、次の評価関数

20 G が最も大きくなる点を最適点とする。

【0022】

【数2】

$$G = \sum_{i=1}^L w_i \cdot y_{iR}$$

【0023】ただし、L : 加工品質の数

w_i : 品質 Y_i の重み、加工品の各品質の重用度に応じて設定する。

y_{iR} : 品質 Y_i の重回帰式による予測値を標準ランクに換算したものである。

30 ここで、標準ランクとは、異なる複数の品質を総合評価するため、各加工品質を 10 点満点などの共通尺度で表示したものである。

【0024】

【発明の効果】以上詳述したように、この発明によれば目視などにより加工品質を目視でランク分け評価する場合に、ランク値をファジィ値として MIN 問題を解くファジィ重回帰を行ない、同重回帰の上限解、下限解、平均解の 3 つの重回帰式、それぞれを使用してそれぞれの最適運転条件を算出することにより、目視によるランク分け評価のあいまいさを考慮した、実態に合った加工機械の設定条件最適化を実施できる。また、上記の 3 つの重回帰式について、それぞれ加工品質の許容範囲を設定して最適化計算することにより、実際の要求品質に対応した的確な最適条件を算出できる。

【0025】このような目視評価ランク値をファジィ値として扱って加工機械の設定条件を最適化する方法は技術未開発であったので、本発明の設定条件最適化を実用することにより、加工機械の加工不良低減や加工品質向上を従来よりも的確にかつ容易に実現することができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示すシステム構成図。

【図2】同実施例における設定条件最適化方法のフローチャート。

【図3】ファジィ重回帰の結果図。

【図4】加工品質に許容範囲を設定する場合の例を示すグラフ。

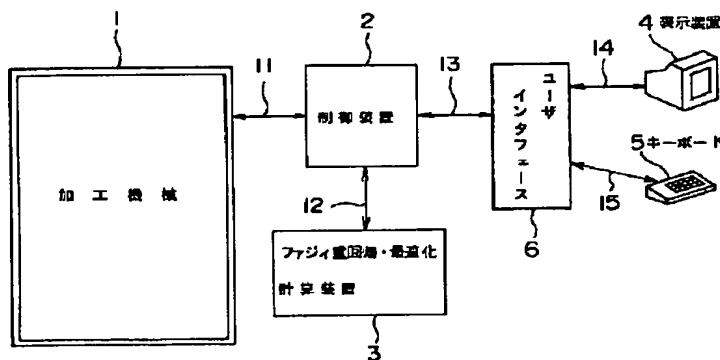
【図5】従来における加工機械の設定条件最適化方法を示すフローチャート。

【符号の説明】

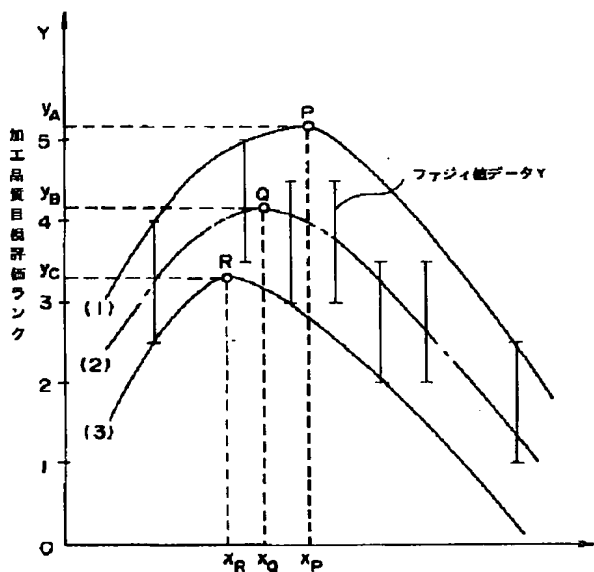
- 1 加工機械
- 2 制御装置
- 3 ファジィ重回帰・最適化計算装置
- 4 表示装置
- 5 キーボード
- 6 ユーザーインタフェース
- 11～15 信号線
- 26～33 システムの各工程

10

【図1】



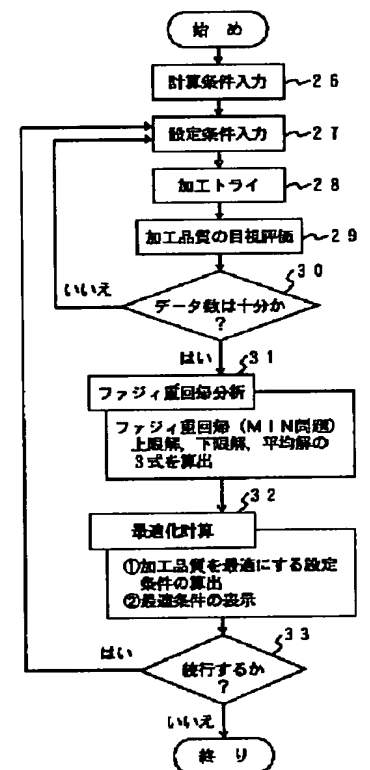
【図3】



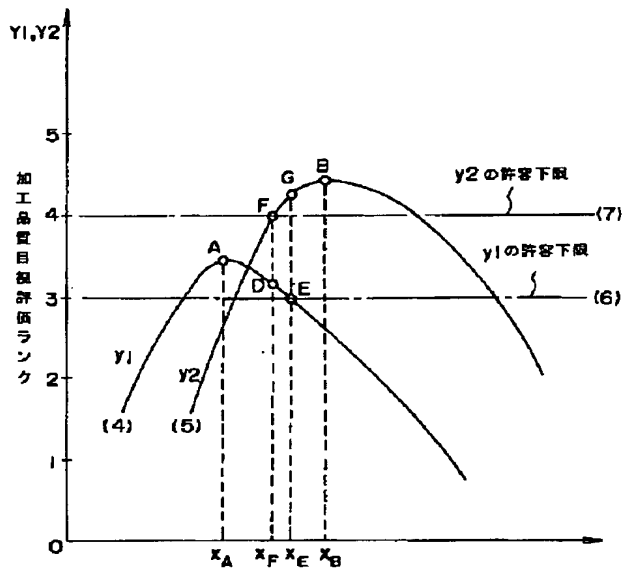
要因 x_1

(要因 $x_2 = C$ (一定) のとき)

【図2】



【図4】

要因 X_1 〔 要因 $X_2 = C$ (一定) のとき 〕

【図5】

